

УДК 632.8:58.04

А. А. Ермошин, О. С. Синенко, И. В. Никконен,  
В. В. Новиков, И. С. Киселева

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
620000, Россия, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 51,  
Alexander.Ermoshin@urfu.ru

## ЭКСТРАКТЫ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ СНИЖАЮТ ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНОВ КАДМИЯ У ЯЧМЕНЯ

**Ключевые слова:** кадмий, экстракты грибов, ячмень, рост, пигменты.

Тяжелые металлы (ТМ) токсичны для живых организмов, вызывают разрушение дисульфидных мостиков белков и образование в клетках активных форм кислорода, что приводит к окислительной деградации многих биологических молекул. В ряду ТМ особое место занимает кадмий как высокотоксичный неэссенциальный элемент. Загрязнение почв, в том числе, сельскохозяйственных, этим токсикантом является актуальной проблемой Уральского региона. Поэтому важен поиск дешевых и безопасных фитопротекторных препаратов, снижающих его негативное действие, например, полученных из растительного сырья, отходов пищевого и биотехнологического производства. Возможным источником БАВ для этих целей являются метаболиты высших грибов.

Ячмень (*Hodreum vulgare* L.) – одна из древнейших агрокультур, занимает второе место среди возделываемых в России злаков и первое на Урале. Цель исследования – оценка экстрактов ксилотрофных грибов как возможных источников биопрепаратов-антитоксикантов.

Изучено действие 250 мкМ  $\text{Cd}^{2+}$  на начальные этапы развития ячменя в присутствии водно-спиртовых экстрактов (1 мг/мл) дереворазрушающих грибов *Inanotus obliquus*, *Ganoderma applanatum*, *Fomes fomentarius*, *Fomitopsis pinicola*. Эти виды широко распространены на территории России. Чага (*I. obliquus*) традиционно используется в медицине как источник антиоксидантов и хелаторов. *G. applanatum*, близкий родственник трутовика лакированного или рейши, применяемого в восточной медицине. Два других вида имеют широкое распространение, образуют крупные базидиомы. Их химический состав и биологическое действие активно изучаются. Применение препаратов из этих видов в растениеводстве не известно. Растения выращивали на гидропонике в течение 5 дней. Концентрацию  $\text{Cd}^{2+}$  и экстрактов подбирали в предварительном эксперименте.

$\text{Cd}^{2+}$  вызывал снижение частоты образования корней на 39%, экстракты грибов – на 18 – 53%. При совместном действии экстрактов и  $\text{Cd}^{2+}$  частота образования корней была выше, чем только при действии  $\text{Cd}^{2+}$ , а в случае *I. obliquus* и *G. applanatum* достоверно превышала контроль (таблица). Экстракты грибов не влияли на длину корней, в то время как ионы кадмия подавляли их рост на 95%. Совместное применение  $\text{Cd}^{2+}$  и экстрактов грибов в значительной степени снимало негативное действие кадмия: длина корней составляла 29–42% от контроля и в 5,3–8,1 раза превышала длину корня в варианте с  $\text{Cd}^{2+}$ . Лучший эффект показали *I. obliquus* и *F. pinicola*. Экстракты грибов не влияли на длину побега, кроме *F. pinicola*, который подавлял рост на 25%, тогда как ионы кадмия на 44%. При добавлении экстрактов токсичность

кадмия снижалась: длина побега увеличивалась в 1,2–1,4 раза, достигая 69–78% от контроля (таблица).

Таблица

Морфометрические показатели проростков ячменя (\* – отличия от контроля достоверны, при  $p < 0,05$ ; х – отличия от варианта с  $\text{Cd}^{2+}$  достоверны при  $p < 0,05$ )

Вариант	Число проростков с корнями, %	Число проростков с побегами %	Длина корней, мм	Высота побега, мм
Контроль	67,5±8,7	37,3±5,4	41,8±1,5 <sup>x</sup>	45,4±2,6
$\text{Cd}^{2+}$ 250 мкМ	41,2±3,5*	37,5±7,1	2,3±0,2*	25,5±2,1*
<i>I. obliquus</i> , 1 мг/мл	55,0±0	45,0±0	41,1±1,2 <sup>x</sup>	45,3±1,2 <sup>x</sup>
<i>G. applanatum</i> , 1 мг/мл	32,5±7,1*	28,8±8,8	40,7±2,4 <sup>x</sup>	45,8±3,7 <sup>x</sup>
<i>F. fomentarius</i> , 1 мг/мл	36,3±1,8*	26,3±1,7	46,9±2,0 <sup>x</sup>	54,6±2,5 <sup>**x</sup>
<i>F. pinicola</i> , 1 мг/мл	42,5±21,2	27,5±14	34,1±2,2 <sup>x</sup>	34,0±4,4 <sup>**x</sup>
<i>I. obliquus</i> + $\text{Cd}^{2+}$	82,5±10,6 <sup>**x</sup>	61,3±22,0	18,6±1,1 <sup>**x</sup>	31,4±1,1*
<i>G. applanatum</i> + $\text{Cd}^{2+}$	87,5±3,5 <sup>**x</sup>	57,5±3,5 <sup>**x</sup>	12,6±1,0 <sup>**x</sup>	35,4±3,0 <sup>**x</sup>
<i>F. fomentarius</i> + $\text{Cd}^{2+}$	71,3±5,3 <sup>x</sup>	45,0±3,5	12,4±0,5 <sup>**x</sup>	32,4±1,2 <sup>**x</sup>
<i>F. pinicola</i> + $\text{Cd}^{2+}$	76,3±8,8 <sup>x</sup>	38,8±12	18,3±1,3 <sup>**x</sup>	32,4±2,1 <sup>**x</sup>

Ионы кадмия и экстракт чаги снижали содержание хлорофиллов, однако их совместное применение приводило к повышению показателя до уровня контроля или превышало его, за исключением *F. fomentarius*. Содержание каротиноидов в варианте с  $\text{Cd}^{2+}$  было ниже почти в 2 раза в сравнении с контролем, экстракты грибов не влияли на этот показатель, а их добавление нейтрализовало негативное действие  $\text{Cd}^{2+}$  (рисунок).

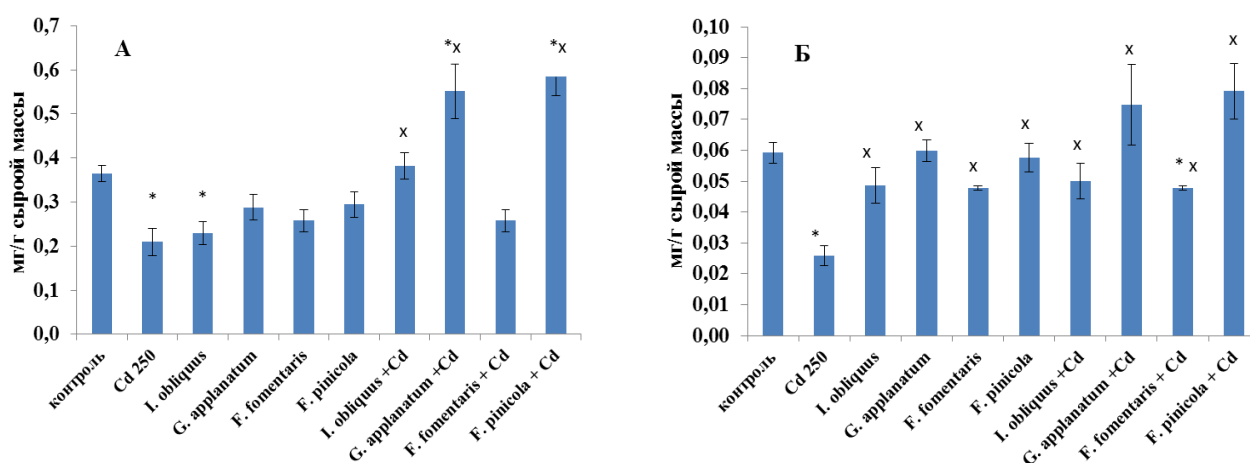


Рисунок. Содержание хлорофиллов (А) и каротиноидов (Б) в проростках ячменя

Таким образом, экстракты грибов снижали токсическое действие кадмия на ранних этапах роста ячменя. Наибольший эффект имели экстракты *I. obliquus*, *G. applanatum* и *F. pinicola*. Эти виды показали эффективность в низких дозах, имеют большие запасы биомассы, что позволяет рекомендовать их для создания фитопротекторных биопрепаратов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-44-660011 и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 02.A03.21.0006).